

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-087248  
 (43)Date of publication of application : 30.03.1999

(51)Int.CI. H01L 21/205

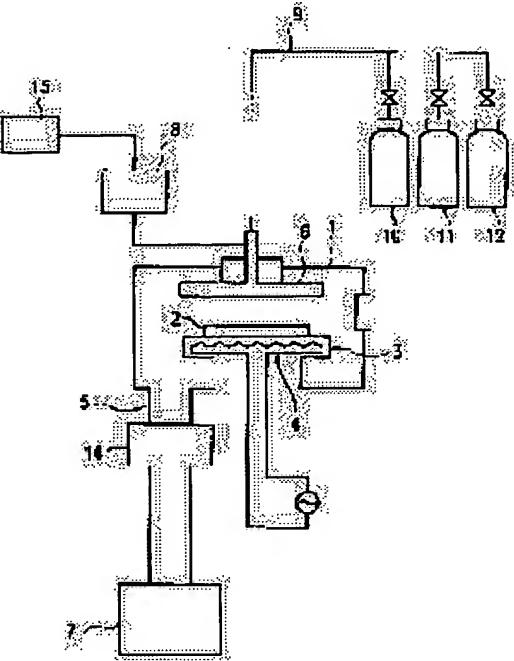
(21)Application number : 09-237459 (71)Applicant : SHARP CORP  
 (22)Date of filing : 02.09.1997 (72)Inventor : YAGI NAOMI

## (54) PLASMA-CLEANING DEVICE

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To decide accurately the time of the end of a plasma-cleaning treatment, without depending on an experience or a perception by a method wherein the number of fine grains and particles being contained in exhaust gas is measured and, when the measured values of these fine grains and particles is converged to a prescribed value, the operation of the plasma cleaning treatment is stopped at the time of the convergence.

**SOLUTION:** Radicals or ions given high energy with the start of a plasma-cleaning treatment are made to react with a shower electrode 6 and an undesired attachment on the surface of a susceptor 3 and are gasified and, at the same time, particles are generated. These particles are exhausted through an exhaust piping 5 by the flow of gas in a chamber 1, but the number of the particles is counted by a particle counter 14 mounted in the middle of the exhaust. In this way, if changes in the counted number of the particles are monitored and the counted number decreases to the first level (two counts each second), the time at this decrease is set to be the time of the end of the cleaning treatment, and an RF power supply 8 is turned off.



### LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-87248

(43) 公開日 平成11年(1999)3月30日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

### 識別記号

F I  
H O I L 21/205

審査請求 未請求 請求項の数 7 OL (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願平9-237459

(22)出願日 平成9年(1997)9月2日

(71) 出願人 000005049

シャープ株式会社

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

(72)発明者 八木 有百寒

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ

ヤーブ株式会社内

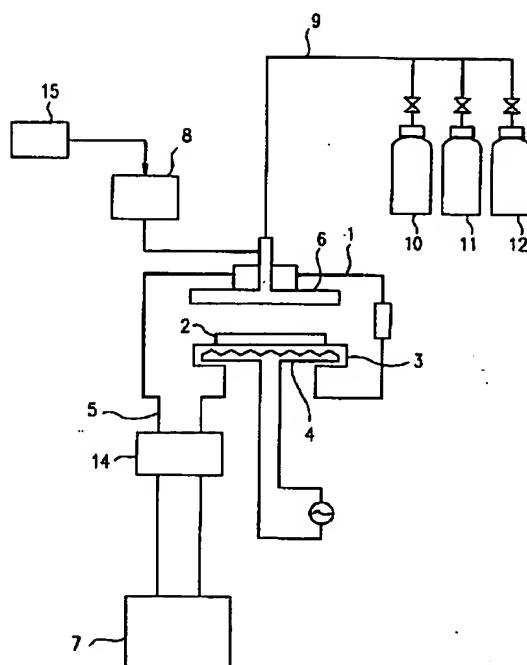
(74) 代理人弁理士 山本 秀策

(54) 【発明の名称】 プラズマクリーニング装置

(57) 【要約】

【課題】 経験や勘に頼ることなく、プラズマクリーニング処理の終了時点を正確に判定することができるプラズマクリーニング装置を提供する。

【解決手段】 プラズマCVD装置のチャンバ1の排気系5にパーティクルカウンタ14を取り付け、プラズマクリーニング処理中の排気パーティクルをモニタし、パーティクルカウンタ14のカウント数が所定の値まで減少した時点をプラズマクリーニング処理の終了時点と判定する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 プラズマCVD装置の真空状態にあるチャンバ内にクリーニング用のガスを導入し、続いて、該ガスをプラズマ状態にし、該チャンバの内壁及び該チャンバ内の構造物に付着した不要付着物と反応させ、反応物をガス化して該チャンバから排気することによりプラズマCVD装置のクリーニングを行うプラズマクリーニング装置であって、

反応物をガス化してなる排気ガスを該チャンバから排気する排気系にパーティクル計数手段を設け、プラズマクリーニング時において、該パーティクル計数手段により該排気ガス中に含まれる微粒子パーティクルの数を計測し、計測値が所定の値に収束すると、その時点でプラズマクリーニング動作を停止させるように構成したプラズマクリーニング装置。

【請求項2】 前記チャンバ内の圧力を定期的に計測することにより、該チャンバ内の圧力変化を検出する圧力変化検出手段を更に備え、プラズマクリーニング時の該チャンバ内の圧力が一定となり、且つ前記パーティクル計数手段の計測値が所定の値に収束すると、その時点でプラズマクリーニング動作を停止させるように構成した請求項1記載のプラズマクリーニング装置。

【請求項3】 前記チャンバのビューポート等に設けた発光スペクトル分析器を更に備え、プラズマクリーニング時に該発光スペクトル分析器により発光スペクトル強度を計測し、該発光スペクトル強度が所定の値に収束し、且つ前記パーティクル計数手段の計測値が所定の値に収束すると、その時点でプラズマクリーニング動作を停止させるように構成した請求項1記載のプラズマクリーニング装置。

【請求項4】 前記圧力変化検出手段により検出される圧力変化量の時間積分値及び前記パーティクル計数手段により計測されるパーティクル変化量の時間積分値を求め、更にこれらの時間積分値に所定の係数を乗ずる演算手段を備え、これらの時間積分値に所定の係数を乗じた値の合算値が所定の値になると、その時点でプラズマクリーニング動作を停止させるように構成した請求項2記載のプラズマクリーニング装置。

【請求項5】 前記発光スペクトル分析器により検出される発光スペクトル強度の時間積分値及び前記パーティクル計数手段により計測されるパーティクル変化量の時間積分値を求め、更にこれらの時間積分値に所定の係数を乗ずる演算手段を備え、これらの時間積分値に所定の係数を乗じた値の合算値が所定の値になると、その時点でプラズマクリーニング動作を停止させるように構成した請求項3記載のプラズマクリーニング装置。

【請求項6】 前記排気系は前記チャンバの底面排気口から真下に真っ直ぐに伸ばした排気配管を有し、該排気配管の途中であって、該チャンバの底面から10～100mm離反した位置に前記パーティクル計数手段のセン

サ部を取り付けた請求項1～請求項5のいずれかに記載のプラズマクリーニング装置。

【請求項7】 前記プラズマCVD装置の成膜時に前記パーティクル計数手段のセンサ部を50～200°Cに加熱するようにした請求項1～請求項6のいずれかに記載のプラズマクリーニング装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、プラズマCVD (Chemical Vapor Deposition) 法によってIC, LSI等に用いられるSiウェハ上に薄膜を形成するプラズマCVD装置に搭載されるプラズマクリーニング装置に関し、より詳しくは、プラズマCVD装置のチャンバ内壁等に付着した不要付着物を除去するプラズマクリーニング処理の終了時点を精度よく判定できるプラズマクリーニング装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 プラズマCVD装置は、超LSI等の製造において、試料ウェハ表面に酸化膜や窒化膜などの薄膜を成膜するのに用いられる。ところで、薄膜を成膜する際には、試料ウェハ表面に薄膜が形成されると同時にチャンバの内壁やチャンバ内の構造物（シャワー電極やセセプタ）上にも不要付着物が堆積する。このため、何枚もの試料の成膜を繰り返していると、例えば、累積的に付着した不要付着物が内壁からフレーク状になって剥がれ、ウェハ上に落下する。ウェハ上に不要付着物が落下すると、薄膜の欠陥の原因となる。

【0003】 そこで、このような問題点を解消するには、チャンバの内壁等に堆積した不要付着物がある程度堆積した時点で、これを除去する必要がある。その方法の一つとして、プラズマクリーニングが従来より広く行われている。

【0004】 このプラズマクリーニングは、ウェハを取り出した後の真空状態のチャンバ内に、フッ素系ガスのCF<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>F<sub>6</sub>, C<sub>3</sub>F<sub>8</sub>, NF<sub>3</sub>等と、酸素系ガスのO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O等からなる混合ガスを導入し、そこへ高周波等の電界を加えて放電を起こし、プラズマ状態にする。すると、プラズマで活性化したフッ素がチャンバ内壁等に堆積した不要付着物と反応し、これをガス化してチャンバ内壁等から放出する。よって、このガスをチャンバの排気系から排気すれば、チャンバ内の不要付着物を除去できる。

【0005】 なお、プラズマクリーニングが盛んに行われるようになる前は、チャンバを大気開放し、作業者が手作業で不要付着物を剥がす作業をしていた。こういった手作業のクリーニングに比べて、プラズマクリーニングではチャンバの大気開放や、内部ヒータの降温・再昇温等の時間のかかる作業が不要になるので、表面に薄膜を形成したウェハの生産性を大幅に向上できるメリットがある。

【0006】しかるに、プラズマクリーニングでは、チャンバ内の汚れを直接観察できないので、チャンバ内を完全に清浄な状態にクリーニングできたか否かの判定が難しい。

【0007】ここで、プラズマクリーニング終了時にチャンバ内の状態を常に一定の清浄な状態にできれば、成膜プロセスの再現性が確保される。そのため、安定した性能の製品を生産するには、プラズマクリーニング処理の終了時点を正確に判定することが特に重要である。

【0008】プラズマクリーニング処理の終了時点の判断で最も単純な方法は、成膜時間に見合ったクリーニング時間を予め経験的に定めておき、その時間が経過した段階でクリーニング処理を終了する方法である。

【0009】しかし、不要付着物の発生は成膜プロセスバラメータの変化で大きく変わったり、同一条件の成膜後のクリーニングでも、不要付着物とフッ素ガスとの反応の進み具合が違っていたりするため、予めプラズマの放電時間を定めてクリーニングを行ったとしても、チャンバを開けて観察してみたら不要付着物が完全に除去出来ずに残っているといった不具合を生じる。

【0010】また、逆に、クリーニング時間を長く取りすぎ、装置の稼働効率を悪くしたり、クリーニングに使用するフッ化ガスを無駄に消費したりする不具合も生じる。

【0011】そこで、プラズマクリーニング処理の進行を何らかの手段により監視する方法が幾つか考えられている。従来のプラズマクリーニング処理の終了時点の検出方法の一例として、プラズマ発光スペクトルの変化を観測する方法がある。この方法は、プラズマクリーニングで不要付着物とフッ化ガスが盛んに反応しているときのプラズマの光と、不要付着物が除去されてフッ化ガスだけで放電しているプラズマの光とでは、発光スペクトルの分布が異なるので、これを利用して、分光器でクリーニング中のプラズマの光のスペクトル分布を観測することにより終了時点を検出する手法を採用している。

【0012】この他に、特開昭63-129629号公報に記載されたチャンバ内の圧力変化を観測する方法がある。この方法は、プラズマクリーニング処理の際に不要付着物とフッ化ガスが盛んに反応している時のチャンバ内の圧力と、不要付着物が除去されてフッ化ガスだけで放電している時のチャンバ内の圧力が異なることを利用して、圧力制御手段（圧力計測手段を兼ねる）の出力を観測することによりクリーニングの終了時点を検出する手法を採用している。

【0013】以上の方法は、in-situ、即ち、実際にクリーニングしている状態を「その場」でモニタし、クリーニング処理の終了時点を判定する方法であるが、これとは別の方法として、パーティクルカウンタ等のパーティクル計数手段を用い、チャンバからの排ガス中の微粒子パーティクルを観測する方法がある。

【0014】ここで、パーティクルカウンタはレーザ光の散乱等を利用して気体中に含まれる微粒子パーティクルを計測するもので、最小0.2 μm程度の微粒子の数を最高毎秒1000カウントまで計測できる性能の計数器が市販されている。

【0015】従来、このようなパーティクルカウンタは、成膜中もしくは成膜後にN<sub>2</sub>ガスでチャンバをバージする際の排ガス中のパーティクルを計測し、カウント数の上昇具合からクリーニング時期を知るのに使われているが、クリーニングの終了時点を検証するのにも使われる。

【0016】その方法は、まず、予め定められた時間だけプラズマクリーニングを行い、その後、窒素バージして排ガス中に含まれるパーティクル数をカウントし、その量が減少してあるレベル以下になると、クリーニング処理の終了と判定する一方、未だあるレベルまで減少しないければ、再度、時間を定めてプラズマクリーニングを行うという手法を採用している。

【0017】

20 【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記のような方法ではプラズマクリーニング処理の終了時点の判定を正確に行なうことは困難である。以下に従来技術の原理を述べて、その問題点を説明する。

【0018】まず、発光スペクトルを観測する方法では、覗き窓やサービスポートを通してプラズマの光を分光器に入れるに、プラズマの光の波長に対応した発光スペクトルのピークが観測できる。プラズマクリーニング処理の開始とともに不要付着物とフッ化ガスの反応によって生じた物質の光により、スペクトル分布のある波長で大きなピークが観測され、クリーニングが進行すると、このピークが減少してゆく。従って、このピークの消滅をプラズマクリーニング処理の終了と判定する。

【0019】ところで、このような発光スペクトルを観測する方法では、覗き窓やサービスポートを通してプラズマの光が分光器に入るため、観測できる範囲が限られ、死角ができる。プラズマクリーニング処理の終了時点の検出では、チャンバ内壁やチャンバ内の複雑な構造部分に付いた不要付着物まで完全に除去されたことを正確に確認できることが求められるが、このような方法では、チャンバ内の中心付近のプラズマの光ばかりを観測することになる。

【0020】この結果、チャンバ内壁やチャンバ内の構造が複雑な部分での反応によるプラズマの光を観察することが困難であり、プラズマクリーニング処理の終了時点を見誤る事態が多発するという問題点がある。

【0021】チャンバ内の圧力変化を観測する方法としては、例えば、コンダクタンスバルブの開き具合を一定にして、排ガスバルブのコンダクタンス（バルブの開き具合等）を固定し、一定量のガスを供給をした状態でプラズマクリーニング処理を実行し、チャンバの圧力変化を

圧力計で観察する方法と、チャンバの圧力が常に一定になるように排気バルブのコンダクタンスをチャンバ内の圧力変化に追従させて調整し、圧力制御する状態でプラズマクリーニング処理を実行し、排気バルブのコンダクタンスがどのように変化するかを観察する方法がある。【0022】前者の圧力計で観察する方法では、プラズマクリーニング処理を開始すると、チャンバ内のガスがプラズマとなり、チャンバ内壁等の不要付着物と反応し、それをガス化することにより、チャンバ内の圧力値が上昇する。圧力はプラズマと不要付着物との反応が盛んになるのに合わせて暫く上昇し続け、やがて、チャンバ内の不要付着物が少なくなってきた時、反応が下火になってくると、圧力値も下降し、プラズマクリーニング処理が終了に向かうにつれて一定の値へと漸近する。そこで、圧力値が所定の値に達した時をプラズマクリーニング処理の終了時点と判定する。

【0023】後者の排気バルブの開き具合を観察する方法でも、プラズマクリーニング処理を開始すると、チャンバ内のガスがプラズマとなり、チャンバ内壁等の不要付着物と反応してガス化し、チャンバ内の圧力が上昇する。この圧力上昇は圧力計によりリアルタイムで検知され、チャンバ内圧を一定に保つように、排気バルブにフィードバックがかかるので、排気バルブの開き具合がだんだん大きくなり、反応の進行に合わせて開き具合が増加し、極大を経て、チャンバ内の不要付着物が少なくなってくるとある値へと減少する傾向を示す。従って、この時点をプラズマクリーニング処理の終了時点と判定する。

【0024】ところで、これらの方針における圧力値又はバルブの開き具合の増減の時間変化は、確かに、プラズマクリーニング処理の終了時点を示唆する如く、時間がたつにつれて収束の傾向を観測できるが、同一条件の成膜とプラズマクリーニングの繰り返しにおいても収束時間にはばつきがあり、終了時点の判定にあまりよい再現性が見られない。そのため判定を誤り、クリーニング不足やオーバークリーニングになってしまい等、終了時点の判定が正確にできなかった。

【0025】その理由は、チャンバ内の不要付着物はプラズマクリーニング処理の際、フッ化ガスと反応してガス化すると同時に、もともと付着力が弱いために微粒子となってガスと一緒に排気される。従って、チャンバ内の圧力変化を観察する方法では、微粒子となって除去される分を無視しているため、この成分が多かったり、少なかったりすることに起因して、プラズマクリーニング処理の終了時点の判定が早すぎたり、遅すぎたりする問題点を生じる。なお、この問題点は次に説明するパーティクルを計数する方法でも発生する。

【0026】また、圧力計で圧力変化を観測する方法では、チャンバ内の圧力に比べて圧力の変化量が小さかったりするので、変化が測定しにくいという欠点もあつ

た。このため、量産装置で安定して使用するには不十分であった。

【0027】チャンバからのパーティクルを計数する方法では、プラズマクリーニング処理後に、窒素バージしてパーティクルの数を計数し、更に、プラズマクリーニング処理を再行するといった操作を、場合によっては何回か繰り返さなくてはならず、特にクリーニングを正確に行おうとすると、クリーニング時間を短くして頻繁にパーティクルの数を計数するといった、非常に手間がかかる方法になる。逆に、手間を省くため、クリーニング時間を長めにすると、オーバークリーニングし勝ちになってしまい。何にせよ、この方法でプラズマクリーニング処理の終了時点の検出を行うには、クリーニング時間の設定に特別な経験や勘が必要になってくる。

【0028】本発明は、このような現状に鑑みてなされたものであり、経験や勘に頼ることなく、プラズマクリーニング処理の終了時点を正確に判定することができるプラズマクリーニング装置を提供することを目的とする。

#### 20 【0029】

【課題を解決するための手段】本発明のプラズマクリーニング装置は、プラズマCVD装置の真空状態にあるチャンバ内にクリーニング用のガスを導入し、続いて、該ガスをプラズマ状態にし、該チャンバの内壁及び該チャンバ内の構造物に付着した不要付着物と反応させ、反応物をガス化して該チャンバから排気することによりプラズマCVD装置のクリーニングを行うプラズマクリーニング装置であって、反応物をガス化してなる排気ガスを該チャンバから排気する排気系にパーティクル計数手段を設け、プラズマクリーニング時において、該パーティクル計数手段により該排気ガス中に含まれる微粒子パーティクルの数を計測し、計測値が所定の値に収束すると、その時点でプラズマクリーニング動作を停止させるように構成されており、そのことにより上記目的が達成される。

【0030】好ましくは、前記チャンバ内の圧力を定期的に計測することにより、該チャンバ内の圧力変化を検出する圧力変化検出手段を更に備え、プラズマクリーニング時の該チャンバ内の圧力が一定となり、且つ前記パーティクル計数手段の計測値が所定の値に収束すると、その時点でプラズマクリーニング動作を停止させるように構成する。

【0031】また、好ましくは、前記チャンバのビューポート等に設けた発光スペクトル分析器を更に備え、プラズマクリーニング時に該発光スペクトル分析器により発光スペクトル強度を計測し、該発光スペクトル強度が所定の値に収束し、且つ前記パーティクル計数手段の計測値が所定の値に収束すると、その時点でプラズマクリーニング動作を停止させるように構成する。

【0032】また、好ましくは、前記圧力変化検出手段

により検出される圧力変化量の時間積分値及び前記パーティクル計数手段により計測されるパーティクル変化量の時間積分値を求め、更にこれらの時間積分値に所定の係数を乗ずる演算手段を備え、これらの時間積分値に所定の係数を乗じた値の合算値が所定の値になると、その時点でのプラズマクリーニング動作を停止させるように構成する。

【0033】また、好ましくは、前記発光スペクトル分析器により検出される発光スペクトル強度の時間積分値及び前記パーティクル計数手段により計測されるパーティクル変化量の時間積分値を求め、更にこれらの時間積分値に所定の係数を乗ずる演算手段を備え、これらの時間積分値に所定の係数を乗じた値の合算値が所定の値になると、その時点でのプラズマクリーニング動作を停止させるように構成する。

【0034】また、好ましくは、前記排気系は前記チャンバの底面排気口から真下に真っ直ぐに伸ばした排気配管を有し、該排気配管の途中であって、該チャンバの底面から100mm離反した位置に前記パーティクル計数手段のセンサ部を取り付ける構成とする。

【0035】また、好ましくは、前記プラズマCVD装置の成膜時に前記パーティクル計数手段のセンサ部を50~200°Cに加熱するように構成する。

【0036】以下に本発明の作用を説明する。

【0037】本発明のプラズマクリーニング装置は、プラズマクリーニング処理中の排気ガスに含まれるパーティクル量をその場で計数する(in-Situモニタリングする)構成をとるため、プラズマクリーニング処理の終了時点を正確に判定することができる。

【0038】今少し具体的に説明すると、プラズマクリーニング処理中の排気ガスには不要付着物から生じたパーティクルが含まれており、排気パーティクル量が不要付着物除去の目安となる。その量は排気系に取り付けたパーティクル計数手段(パーティクルカウンタ)でモニタできる。このパーティクルの測定で、プラズマクリーニング処理の進行に連れ、パーティクルのカウント量は必ず増大し、ピークに達してから減少して行くので、それが所定の値以下になった時点をクリーニング終了時点の判断材料とすることができます。

【0039】なお、この所定の値については、チャンバ内の不要付着物が完全になくなり、清浄な状態になると、パーティクルもなくなり、理想的には0になるはずであるが、実際にはパーティクルカウンタのノイズや、取り付け位置に元からあるバックグラウンドのパーティクルがあるため、完全に0にはならない。従って、この点を考慮して所定の値を選ぶものとする。

【0040】また、チャンバ内の圧力を定期的に計測することにより、チャンバ内の圧力変化を検出する圧力変化検出手段を更に備え、プラズマクリーニング時のチャンバ内の圧力が一定となり、且つパーティクル計数手段

の計測値が所定の値に収束すると、その時点でプラズマクリーニング動作を停止させる構成によれば、プラズマクリーニング処理の終了時点をより一層正確に判定することができる。

【0041】即ち、プラズマクリーニング処理中において、チャンバの内壁等に付着した不要付着物がプラズマからのイオンやラジカルを受けて微粒子パーティクルを発生する際に、不要付着物とフッ化ガスが反応し、不要付着物がガス化してチャンバ内壁等から放出されるので、このガス量をチャンバ内に取り付けた圧力変化検出手段によって測定される圧力変化から測定する。同時に、パーティクルカウンタがパーティクル量を測定する。

【0042】このように、チャンバ内の圧力変化と、パーティクル量の両方をモニタする構成によれば、不要付着物がガス化されて除去される分と、パーティクルとなって除去される分の双方の成分、即ち、除去される不要付着物の全成分をモニタすることができる。

【0043】このとき、圧力変化とパーティクル量はプラズマクリーニング処理の進行に連れて減少するので、圧力が一定の値となる条件と、パーティクル量が所定の値に収束する条件を組み合わせてプラズマクリーニング処理の終了時点を判定する。これにより、どちらか一方の条件のみで終了時点を判定する場合に比べて、より正確な終了判定ができる。

【0044】また、発光スペクトル分析器を更に備え、プラズマクリーニング時に発光スペクトル分析器により発光スペクトル強度を計測し、発光スペクトル強度が所定の値に収束し、且つパーティクル計数手段の計測値が所定の値に収束すると、その時点でプラズマクリーニング動作を停止させる構成によても、プラズマクリーニング処理の終了時点をより一層正確に判定することができる。

【0045】即ち、不要付着物がガス化した気体の発光スペクトルに注目すれば、発光スペクトルの強度とガス化した量との間に相関があるので、この発光スペクトルの強度を観察することで、不要付着物のガス化によるチャンバ内の圧力変化をモニタできる。同時にパーティクルカウンタでパーティクル量を観察し、発光スペクトル強度が所定の値に収束する条件とパーティクル量が所定の値に収束する条件を組み合わせると、パーティクルになる現象とガス化される現象の両方を総合したプラズマクリーニング処理の終了時点の判定が可能になる。

【0046】但し、発光スペクトル観察の欠点である死角ができないような構造にする。また、発光スペクトル強度は受光器の感度により、発光が激しく光が強い時、飽和して正確に強度が測れなかったりするので、その時は、受光部を離したり、感度を下げたりするものとする。

【0047】また、圧力変化検出手段により検出される

圧力変化量の時間積分値及びパーティクル計数手段により計測されるパーティクル変化量の時間積分値を求め、更にこれらの時間積分値に所定の係数を乗ずる演算手段を備え、これらの時間積分値に所定の係数を乗じた値の合算値が所定の値になると、その時点でのプラズマクリーニング動作を停止させる構成によれば、作業者の主觀によらない客観的でより安定なプラズマクリーニング処理の終了時点の判定を正確に行える。

【0048】同様に、発光スペクトル分析器により検出される発光スペクトル強度の時間積分値及びパーティクル計数手段により計測されるパーティクル変化量の時間積分値を求め、更にこれらの時間積分値に所定の係数を乗ずる演算手段を備え、これらの時間積分値に所定の係数を乗じた値の合算値が所定の値になると、その時点でのプラズマクリーニング動作を停止させる構成によっても、作業者の主觀によらない客観的でより安定なプラズマクリーニング処理の終了時点の判定を正確に行える。

【0049】即ち、圧力変化又は発光スペクトル強度の時間積分値はガス化して除去される不要付着物の量に比例し、パーティクル量の時間積分値はパーティクル化して除去される不要付着物の量に比例するので、各積分値に比例係数を掛け、足し合わせることで、全不要付着物の除去量を計算できる。

【0050】そして、この計算値を計算する毎に所定の値と比較して、計算値が所定の値と等しくなったらプラズマクリーニング処理の終了時点と判定する。このとき用いる所定の値については、過去の実験で既知となっているチャンバ内に付着する全不要付着物量を用いる。そこで、予め各種の成膜条件についての全不要付着物量をデータベース化してメモリに取り込んでおき、プラズマクリーニング処理の開始前にその時の成膜条件に合うものをメモリから呼び出して使用するものとする。

【0051】また、排気系はチャンバの底面排気口から真下に真っ直ぐに伸ばした排気配管を有し、排気配管の途中であって、チャンバの底面から10~100mm離した位置にパーティクル計数手段のセンサ部を取り付ける構成によれば、パーティクルカウンタの測定感度を向上でき、且つ正確に動作させることが可能になる。

【0052】即ち、パーティクルカウンタをチャンバからあまりに離れた位置に取り付けると、チャンバからのパーティクルが排気配管内に落下してカウントされない不具合を生じたり、逆に、排気配管内に滞留したパーティクルがカウントされることで、プラズマクリーニング処理で発生したパーティクルの測定感度を悪くしてしまう一方、あまりにチャンバに近い位置にパーティクルカウンタを取り付けると、成膜時にパーティクルカウンタ自体に不要付着物が付いてしまったり、プラズマの光がパーティクルカウンタに入り、正しく動作しなくなってしまうからである。

【0053】よって、パーティクルカウンタの取り付け

位置としては、上記の位置が好ましい。

【0054】また、プラズマCVD装置の成膜時にパーティクル計数手段のセンサ部を50~200°Cに加熱する構成によれば、成膜時にパーティクルカウンタのセンサ部に不要付着物が付きにくくなり、その分、精度のよい測定が可能になるからである。

【0055】

【発明の実施の形態】以下に本発明の実施の形態を図面に基づき具体的に説明する。

10 【0056】(実施形態1) 図1は本発明プラズマクリーニング装置の実施形態1をこのプラズマクリーニング装置を備えたプラズマCVD装置と共に示す。本実施形態1のプラズマクリーニング装置は、プラズマCVD装置の排気経路の途中に設けたパーティクルカウンタ14の測定結果、即ちパーティクルのカウント数に基づきプラズマクリーニング処理の終了時点を判定する点に特徴を有するものである。

【0057】まず、図1に基づきプラズマCVD装置の概略構成について説明する。チャンバ1の下部には試料ウエハ2が載置されるサセブタ3が配置されており、その内部には試料ウエハ2の加熱を行うヒータ4が配置されている。

【0058】また、チャンバ1の上部にはサセブタ3と対向してシャワー電極6が配置されている。シャワー電極6にはRF電源8が接続され、RF電源8は制御部15によってオン・オフされる。

【0059】チャンバ1の下部には排気配管5が連通され、真空ポンプ7によって10mTorr以下での真空に排気される。排気配管5の途中にはパーティクルカウンタ14が設けられている。

【0060】加えて、チャンバ1の上端部には供給配管9の一端部が連通され、供給配管9の他端側にはボンベ10、11、12が接続されている。ボンベ10内にはSiH<sub>4</sub>、NH<sub>3</sub>等の材料ガスが充填されており、供給配管9を通してチャンバ1内にこの材料ガスが供給される。なお、図では省略してあるが、ボンベ10は上記したガス種ごとに複数本設けられており、チャンバ1内にはその混合ガスが供給される。また、ボンベ11内にはプラズマクリーニング用のガスが充填され、ボンベ12内にはN<sub>2</sub>ガスが充填されている。

【0061】次に、窒化膜を成膜する場合を例にとって、このプラズマCVD装置による試料ウエハ2に対する薄膜の形成工程について説明する。まず、サセブタ3上に試料ウエハ2を載置する。次に、真空ポンプ7により排気配管5を通してチャンバ1内を10mTorr以下の真空に排気する。次に、ヒータ4により試料ウエハ2を300~400°C程度に加熱する。

【0062】試料ウエハ2が加熱されたら、ボンベ10から供給配管9とシャワー電極6を通してチャンバ1内にSiH<sub>4</sub>、NH<sub>3</sub>等の混合ガスからなる材料ガスを供給

する。より具体的には、それぞれの材料ガスの流量を調整し、例えば、SiH<sub>4</sub>を30~80 sccm、NH<sub>3</sub>を5~35 sccm、N<sub>2</sub>を500~1000 sccm程度流す。

【0063】そして、チャンバ1内の圧力が2~5 Torrの範囲で設定した圧力になり、安定したら制御部15がRF電源8をオンする。これにより、シャワー電極6とサセプタ3との間に300~600W程度の高周波電界を印加し、チャンバ1内にプラズマを発生させる。すると、プラズマによりエネルギーを得た材料ガスが、加熱された試料ウェハ2上で反応して薄膜を生成する。所望の膜厚が得られたらRF電源8をオフする。一例として、700nmの膜厚を得るのに2分30秒ほど放電を加える。

【0064】次に、材料ガスの供給を停止し、真空ポンプ7によりチャンバ1内を10 mTorr以下に真空引きする。そして、残留した材料ガスをチャンバ1内から完全に無くすために、N<sub>2</sub>ガスが充填されたポンベ12から供給配管9とシャワー電極6を通して、チャンバ1内にN<sub>2</sub>ガスを供給して窒素バージを行う。

【0065】そして、窒素バージ後、窒化膜が成膜された試料ウェハ2は不図示のロードロック室へ搬送ロボット等により搬出される。

【0066】以上が試料ウェハ2への成膜のプロセスであるが、このとき同時にチャンバ1の内壁やサセプタ3及びシャワー電極6の表面にも不要付着物が堆積してしまう。

【0067】この不要付着物はプラズマクリーニング処理によって除去される。以下にプラズマクリーニング処理の概略について説明する。

【0068】まず、サセプタ3上の試料ウェハ2を取り出し、窒素バージ後、チャンバ1内を10 mTorr以下に真空引きする。次に、チャンバ1内にポンベ11からC<sub>2</sub>F<sub>6</sub>ガス及びO<sub>2</sub>ガス等を混合したクリーニング用のガスを、供給配管9とシャワー電極6を通して、チャンバ1内に流量調整しながら供給する。一例として、C<sub>2</sub>F<sub>6</sub>を50~200 sccm、O<sub>2</sub>を50~200 sccm程度流し、チャンバ1内の圧力が0.1から5 Torr程度になるように調整する。この時、サセプタ3はヒータ4で加熱していても、いなくてもよいが、200~400°C程度に加熱していた方が効率的にクリーニングできるので、実施する上で好ましいものになる。

【0069】また、プラズマクリーニング用のガスの流量は多いほど短時間でクリーニングできるが、チャンバ1内の圧力は成膜時の圧力より低い方がプラズマがチャンバ1内に拡がり易く、隅々までクリーニングできるので、排気のコンダクタンスを調整して適当に選択するものとする。

【0070】そして、チャンバ1内の圧力が安定したら、RF電源8をオンしてシャワー電極6とサセプタ3

との間に高周波電界を印加し、チャンバ1内にプラズマを発生させる。すると、プラズマにより活性化したフッ化ガスがチャンバ1の内壁等の不要付着物と反応してこれをガス化したり、パーティクル化して内壁等から放出させる。

【0071】そして、チャンバ1内の不要付着物が完全に除去されたら、RF電源8をオフして放電を止め、プラズマクリーニング用のガスの供給を停止し、チャンバ1内を10 mTorr以下に真空引きする。その後、残10留したプラズマクリーニング用のガスを完全に無くすため、ポンベ12から供給配管9とシャワー電極6を通して、N<sub>2</sub>ガスをチャンバ1内に供給して窒素バージを行う。以上のプラズマクリーニング処理によりチャンバ1内は不要付着物が完全に除去され、清浄な状態に戻るので、再び、成膜プロセスを行うことが可能になる。

【0072】次に、上記のプラズマクリーニング処理における終了時点の判定方法について説明する。この判定方法に本実施形態1のプラズマクリーニング装置は特徴を有するものである。

【0073】プラズマクリーニング処理の開始とともに高いエネルギーを得たラジカル又はイオンがチャンバ1の内壁や構造物、即ちシャワー電極6やサセプタ3の表面の不要付着物と反応し、ガス化すると共にパーティクルが発生する。このパーティクルはチャンバ1内のガスの流れにより排気配管5から排気されるが、その途中に取り付けたパーティクルカウンタ14によりその数がカウントされる。

【0074】ここで、パーティクルカウンタ14の取り付け位置については注意が必要である。即ち、チャンバ1からあまりに離れた位置にパーティクルカウンタ14を取り付けると、チャンバ1からのパーティクルが排気配管5内に落下してカウントされない不具合を生じたり、逆に、排気配管5内に滞留したパーティクルがカウントされることで、プラズマクリーニング処理で発生したパーティクルの測定感度を悪くしてしまうからである。

【0075】一方、あまりにチャンバ1に近い位置にパーティクルカウンタ14を取り付けると、成膜時にパーティクルカウンタ14自体に不要付着物が付いてしまったり、プラズマの光がパーティクルカウンタ14に入り、正しく動作しなくなってしまうからである。

【0076】このため、取り付け方法としては、チャンバ1の底面の排気口からの排気配管5は真下に曲がりなく伸ばし、その途中、即ち、チャンバ1の底面から10~100 mm程度の位置にパーティクルカウンタ14のセンサ部を取り付けるのがよい。また、成膜時にパーティクルカウンタ14のセンサ部に不要付着物が付くにくくするため、センサ部を構成する投光部・受光部をヒータ4で50~200°C程度に加熱するとよい。

【0077】図2はプラズマクリーニング処理時のバー

ティクルのカウント数の変化の一例を示す。但し、縦軸はパーティクルのカウント数Nを表し、横軸は時間tを表している。図2に示すように、本実施形態1では、時刻t<sub>1</sub>にRF電源8をオンして、プラズマクリーニング処理を開始し、時刻t<sub>2</sub>にRF電源8をオフしてプラズマクリーニング処理を終了している。放電開始時刻t<sub>1</sub>より前はパーティクルカウンタ14のカウント値はノイズレベルにある。これは、チャンバ1内や排気配管5に積もった不要付着物が自然に粉化して生じた微粒子によるもので、パーティクルカウンタ14の取り付けにもよるが、毎秒0~2カウント程度の極少ない値である。

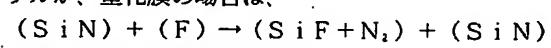
【0078】プラズマクリーニング処理を開始すると、クリーニングにより生じるパーティクルが排気されてきて、カウント数が増加し始め、やがてピークを迎える。このピークはチャンバ1の汚れ具合によって全く異なるが、例えば、放電開始より5~10分後に毎秒40から100カウントになる。クリーニングが進み、不要付着物が少なくなってくると、カウント数は徐々に減少して行き、不要付着物が全て除去されてチャンバ1内が清浄な状態になると最初のノイズレベルへ戻る。

【0079】本実施形態1では、このようなパーティクルカウント数の変化をモニタし、カウント数が最初のレベル（毎秒2カウント）まで減少したら、その時点をクリーニング処理の終了時点と判定し、RF電源8をオフする。

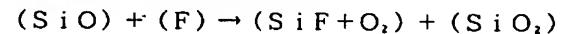
【0080】なお、ここでは、クリーニング放電開始前のパーティクル量のレベルを終了判定レベルとしているが、より厳しい条件の、完全なクリーニングが必要な場合は、予め、成膜開始前のチャンバ1内がクリーンな状態でプラズマクリーニング処理を行い、パーティクル量のレベルを求めておき、それを終了判定レベルとするよい。これらの終了判定レベルは装置構造やパーティクルカウンタの機種、取り付けにより異なる。

【0081】なお、本実施形態1で例示した成膜・クリーニング条件の数値は、チャンバ1の構造等により変わるものであり、特に本発明を代表する数値ではない、本発明はこれらの数値が変わっても適用できるものである。更に、本実施形態1でプラズマクリーニング処理の終了時点の判定に使用する終了判定レベルについても、チャンバ1の構造、検出手段の種類、取り付け方や、どの程度までのクリーニング度を必要とするかなど、使用環境・目的により大きく変える必要がある。

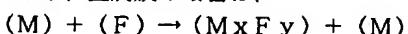
【0082】また、本実施形態1では、窒化膜の成膜の場合を示しているが、酸化膜、金属膜等についても、原理的にはプラズマクリーニング時の次の反応、即ち、不要付着物+クリーニング用のガス=排気ガス+パーティクルが、窒化膜の場合は、



となるのが、酸化膜の場合は、



となり、金属膜の場合は、



但し、

M: 金属元素

x, y: 任意の自然数

となるので、同様に適用できる。

【0083】（実施形態2）図3は本発明プラズマクリーニング装置の実施形態2を示す。本実施形態2のプラズマクリーニング装置は、パーティクルカウンタ14のカウント値と圧力計13の測定値に基づきプラズマクリーニング処理の終了時点を判定する構成をとり、圧力計13を付加した点のみが実施形態1のプラズマクリーニング装置とは異なっている。即ち、図2に示すように、本実施形態2では、チャンバ1の図上左側壁にチャンバ1内の圧力変化を測定する圧力計13を設けており、その他の構成は実施形態1と同様である。従って、実施形態1と対応する部分については同一の符号を付し、重複する説明は省略する。

【0084】本実施形態2においても、実施形態1と同様に、プラズマクリーニング処理中に発生するパーティクルは排気配管5の途中に取り付けたパーティクルカウンタ14で測定する。加えて、本実施形態2では、それと同時にプラズマクリーニング処理中のチャンバ1内の圧力変化を圧力計13により測定している。

【0085】即ち、プラズマクリーニング処理の開始と共にプラズマの粒子によりチャンバ1の内壁等から弾き出された不要付着物のパーティクルが排気ガスとともに排出されるので、それをパーティクルカウンタ14によりモニタする。それと同時に、フッ化ガスと不要付着物の反応で生じた放出ガスによりチャンバ1内の圧力は上昇するので、これを圧力計13によりモニタする構成をとっている。

【0086】このように、本実施形態2では、圧力計13とパーティクルカウンタ14を両方備えることで、圧力計13からは不要付着物のガス化した分を、パーティクルカウンタ14からは不要付着物のパーティクル化した分をモニタし、両方の測定結果を総合することで不要付着物の全ての除去具合をモニタし、プラズマクリーニング処理の終了時点を実施形態1よりも一層精度よく判定する構成をとっている。

【0087】以下にその詳細を図4を用いて説明する。但し、同図(a)は圧力計13の出力値、即ち、チャンバ1内の圧力Pの時間変化を表し、同図(b)はパーティクルカウンタ14の出力値、即ち、パーティクルのカウント数Nの時間変化を表わしており、これは図2のグラフと同様である。

【0088】同図(a)、(b)共に横軸は時間を表し、時刻t<sub>1</sub>にRF電源8をオンしてプラズマクリーニング処理を開始し、時刻t<sub>2</sub>にRF電源8をオフしてプラズマクリーニング処理を終了している。圧力Pはプラ

スマクリーニング処理の開始前はクリーニング用のガスの供給量と排気コンダクタンスで決まる圧力P0（同図(a)では0.6 Torr）になっている。

【0089】プラズマクリーニング処理を開始すると、クリーニング用のガスがプラズマ状態になると、プラズマ化したフッ化ガスと不要付着物の反応で生じたガスの放出により体積が増え、急に圧力が（同図(a)では0.65 Torr）に増加し、その後、フッ化ガスと不要堆積物の反応で生じるガスの放出により更に体積が増え、圧力も増え、緩やかに増加して、ピークを迎える（同図(a)では放電開始から9分後に0.67 Torr）、反応が下火になるにつれ、徐々に一定の圧力P1（0.62 Torr）へと減衰する。なお、P1は不要付着物の無い状態で放電した時の圧力である。

【0090】そして、十分に圧力がP1に収束し、圧力変化がなくなった時点（同図(a)では放電開始から26分後）にプラズマクリーニング処理の終了時点と判定して放電を停止する。すると、プラズマが消滅して最初の圧力P0に戻る。ここで、圧力変化が無くなかったかどうかは、圧力計13の出力が変化しなくなかったかどうかで判定する。本実施形態2では、出力分解能1mTorrの圧力計を用いて1秒間の圧力変化が±2mTorr以下であればガス化のクリーニング処理の終了時点と判定した。カウント数Nについては実施形態1と同じで、放電開始前はカウント値はノイズレベルにあり、プラズマクリーニング処理を開始するとクリーニングにより微粒子パーティクルが生じてカウント数Nが増加し始める。クリーニングが進み、不要付着物が少なくなってくるとカウント数Nは徐々に減少して行き、やがて、最初のノイズレベルへ戻る。

【0091】圧力Pの変化もカウント数Nの変化も、一般的にこの様な変化を辿るが、同じ条件で成膜とプラズマクリーニングを繰り返していても、いつも図4のように同時に終了するのではなく、ある時は、不要付着物がプラズマクリーニングでガス化するよりもパーティクルになる量が多いため、圧力Pの変化が小さくカウント数Nの変化が大きくなったり、逆に、ある時はガス化する量の方が多いため、圧力Pの変化が大きく、カウント数Nの変化が小さかったり、また、ある時はプラズマクリーニング処理の前半にガス化が進み、後からパーティクルがよく出て、圧力Pのピークがカウント数Nのピークより時間的に先に起つたり、逆に、ある時は、後からガス化が起つて圧力Pのピークがカウント数Nのピークより後であったりする。

【0092】そのため、チャンバ1内の圧力Pを単独でモニタする従来の方法や、パーティクルのカウント数Nを単独にモニタする実施形態1の手法では、およそのプラズマクリーニング処理の終了時点は判っても、確実な終了時点の判定はできない。

【0093】本実施形態2は、これをより正確に終了判

定するために、圧力Pとカウント数Nの両方をモニタして、圧力PはP1に、パーティクルカウント数Nはノイズレベルに十分に収束した時点でプラズマクリーニング処理の終了時点と判定する。この時点でチャンバ1内の不要付着物は十分にガス化反応したか、表面から離脱して、全て除去されている。

【0094】このため、本実施形態2のプラズマクリーニング装置によってプラズマクリーニング処理の終了時点を判定すれば、プラズマクリーニングにおいて不要付着物のガス化と微粒子パーティクルになる反応がどの割合で起こり、どの様に進行してもチャンバ1内がクリーニングされたことを検知することができる。

【0095】（実施形態3）図5は本発明プラズマクリーニング装置の実施形態3を示す。本実施形態3のプラズマクリーニング装置は、実施形態2の圧力計13の代わりに発光分析器19を用いてプラズマクリーニング処理中の不要付着物のガス化をモニタし、プラズマクリーニング処理の終了時点を判定する構成をとっており、その他の構成は実施形態2と同様である。従って、実施形態2と対応する部分には同一の符号を付して重複する説明は省略し、以下に異なる部分について説明する。

【0096】図5に示すように、チャンバ1の図上右側壁には覗き窓18が付いており、この覗き窓18の外部に発光分析器19が、チャンバ1内の発光を観察できるように設置されている。

【0097】図6はプラズマクリーニング処理中の発光をスペクトル分析した結果を示す。図6において、横軸は光の波長を表し、縦軸はその波長の光の強度（縦軸Wは単位のない相対量である）を表している。プラズマの光は全ての波長の光を含むのではなく、幾つかの特定の波長の光で構成されており、例えば図6で波長λ1の光が強い強度を持っているが、これはフッ化ガスと不要付着物が反応して生じたSiFガスがプラズマからエネルギーを受けて出す光である。同様にλ2はフッ化ガス自身がプラズマからエネルギーを受けて出す光である。プラズマクリーニング処理の進行と共にチャンバ1内の不要付着物が減少するので、λ1のピークは小さくなり、逆に、λ2のピークは大きくなっている。

【0098】その様子を図7に示す。図7において、縦軸Wは図6と同じく光の強度を示し、横軸tは時間を表している。図6のλ1とλ2の光に注目し、その強度Wが時間と共にどうように変化するのかを示している。時刻t1にプラズマクリーニング処理を開始すると、始めはフッ化ガスの多くが不要付着物と反応するので、λ1の強度が強く、λ2の強度は弱い。反応が進み、不要付着物が少なくなってくると、λ1が減少してきて、逆に、λ2が増加してくる。チャンバ1内の不要付着物が除去されて清浄な状態になると、λ1の光は0になり、λ2は飽和する。

【0099】ここで、プラズマクリーニング処理中の入

1の光の強度をモニタすれば、不要付着物のガス化する量をモニタすることになる。 $\lambda 1$ と $\lambda 2$ は相補的な関係( $\lambda 1$ の光が減ると $\lambda 2$ の光が増える)にあるので、 $\lambda 2$ の光の強度をモニタしてもよい。 $\lambda 1$ の光が0になったかどうかの判定は発光分析器19の出力で図6のように波長 $\lambda 1$ の強度が他の波長の強度に比べてピークになっているかどうかで判定する。

【0100】本実施形態3の装置では、ピークの無い部分での発光強度は5000以下だったのでこれを判定レベルとし、 $\lambda 1$ の光の強度がそれ以下に下がった時をガス化のプラズマクリーニング処理の終了時点と判定した。

【0101】また、 $\lambda 2$ の光を使用する場合は、10秒毎に発光強度の変化を観察し、増加量が20以下の時をガス化のプラズマクリーニング処理の終了時点と判定した。本実施形態2の装置で、不要付着物のガス化する量をモニタし、実施例形態1のパーティクルカウンタ14で、不要付着物のパーティクル化する量をモニタした結果と合わせることで、全不要付着物の除去をモニタできるので、実施形態2同様に正確なプラズマクリーニング処理の終了時点の判定ができる。

【0102】(実施形態4) 図8は本発明プラズマクリーニング装置の実施形態4を示す。本実施形態4のプラズマクリーニング装置は、圧力計13とパーティクルカウンタ14の他に、計算機16及びメモリ17を備え、計算機16によりプラズマクリーニング処理の開始時点からの圧力変化の積分値 $\Sigma p$ と、プラズマクリーニング処理の開始時点からのトータルのパーティクル量 $\Sigma n$ を演算し、これらの演算結果に基づきプラズマクリーニング処理の終了時点を判定する構成をとっている。以下にその詳細を説明する。なお、上記各実施形態と対応する部分には同一の符号を付し重複する説明については省略する。

【0103】図9(a)、(b)は、図4(a)、(b)と同様に圧力計13とパーティクルカウンタ14の出力の時間変化を示している。図9(a)中の斜線で示した部分は、プラズマクリーニング処理の開始時点からの圧力変化の積分値 $\Sigma p$ を示している。

【0104】なお、圧力値のうち、P0からP1までの変化、即ち、同図(a)中の点々で塗った部分については、プラズマが生じている間、クリーニング用のガス自身のプラズマ化による圧力の増加分であり、常にオフセット値として加わってくる。これは、不要付着物とは関係ない一定値である。この部分については予め不要付着物のない状態で、同じ条件でプラズマクリーニングを行い、その値P1を求めておき、それを実際に、不要付着物がある場合の圧力値Pから減ずる(P-P1)という\*

$$X_0 = \alpha \cdot \Sigma p_0 + \beta \cdot \Sigma n_0 = (A \cdot \Sigma P_0 + \Sigma n_0) \cdot \beta \quad \dots (6)$$

未知の $\beta$ を残した形になる。

【0113】ここで、Aは先の $\alpha/\beta$ であり、 $\Sigma p_0$ と

\*補正をする。この補正により不要付着物だけのガス化による圧力値の増減の変化を求めることができ、これを積分したものが $\Sigma p$ になる。また、同図(b)中の斜線で示した部分はプラズマクリーニング処理の開始時点からのトータルのパーティクル量 $\Sigma n$ を示している。

【0105】ここで、不要付着物のガス化した量 $X_p$ と $\Sigma p$ との間にはほぼ比例関係が成立し、また、不要付着物のパーティクル化した量 $X_n$ と $\Sigma n$ との間にもほぼ比例関係がなりたつ。即ち、それぞれ比例係数を $\alpha$ 、 $\beta$ とすると、下記(1)式、(2)式の関係が成立する。

$$X_p = \alpha \cdot \Sigma p \quad \dots (1)$$

$$X_n = \beta \cdot \Sigma n \quad \dots (2)$$

ここで、比例係数 $\alpha$ 、 $\beta$ はチャンバー1の容積やプラズマクリーニング処理時のガスの圧力、温度などにより異なる。そこで、予め使用するチャンバー1の使用するプラズマクリーニング条件で成膜条件を同一にして成膜し(全不要付着物量 $X_0$ が同一の条件で)、クリーニングを行う実験を数回行い、 $\Sigma p$ 、 $\Sigma n$ を求める、それから $\alpha$ 、 $\beta$ を求める。

【0107】例えば、パーティクルがあまり出ない場合は、 $X_p \approx X$ より、比例係数 $\alpha$ は下記(3)式で表される。

$$\alpha = X_0 / \Sigma p \quad \dots (3)$$

また、圧力があまり変化しない場合は、 $X_n \approx X_0$ より、比例係数 $\beta$ は下記(4)式で表される。

$$\beta = X_0 / \Sigma n \quad \dots (4)$$

この比例係数 $\alpha$ 、 $\beta$ を初期値として、他の $\Sigma p$ 、 $\Sigma n$ の場合に合うように補正を加えて正確な $\alpha$ 、 $\beta$ の値を求める。実際には $X_0$ は求めることが困難なので、比例係数 $\alpha$ 、 $\beta$ は $A = \alpha/\beta$ のように比で求まる。

【0110】本実施形態4の装置では、 $A = 15000$  [個/Torr]の関係が得られた。この比例係数 $\alpha$ 、 $\beta$ から、プラズマクリーニング処理の開始時点からの不要付着物の除去された量 $X$ が、下記(5)により求められる。

【0111】

$$X = X_p + X_n = \alpha \cdot \Sigma p + \beta \cdot \Sigma n \quad \dots (5)$$

ここで、Xはプラズマクリーニング処理の開始時0で、クリーニングの進行とともに増加し、最終的にある一定値、即ち、全不要付着物量 $X_0$ まで増加する。そこで、過去の実験で既知の全不要付着物量の除去量を予定値 $X_0$ として、計算値Xの変化をモニタし、Xが $X_0$ になった時点をプラズマクリーニング処理の終了時点であると判定する。

【0112】ここでも $X_0$ は絶対値で求まらず、下記(6)式に示すように、

$$X_0 = \alpha \cdot \Sigma p_0 + \beta \cdot \Sigma n_0 = (A \cdot \Sigma P_0 + \Sigma n_0) \cdot \beta \quad \dots (6)$$

$\Sigma n_0$ はプラズマクリーニング処理の終了時の $\Sigma p$ と $\Sigma n$ である。このプラズマクリーニング処理の終了時点の

判定方法は、上記実施形態1～3の手法に比べて少し複雑であるが、不要付着物の除去量の増加そのものをモニタできるので、もし真空ポンプ7の異常やガス供給系の異常など、何らかの事情で作業者の気付かないうちにクリーニング反応が途中で止まってしまっても、完全に不要付着物が除去されたのか、それとも、まだ途中なのか区別することが可能になる。

【0114】本実施形態4では、このプラズマクリーニング処理の終了時点の判定方法を利用して、圧力計13の出力とパーティクルカウンタ14の出力の変化を計算機16に取り込み、プラズマクリーニング処理の終了時点を自動的に判定する構成をとっている。

【0115】図8において、制御部15からの指令でRF電源8がオンし、プラズマクリーニング処理が開始すると、同時に、制御部15は計算機16に指令を出し、時刻tに圧力計13で測定された圧力値P(t)とパーティクルカウンタ14で測定されたパーティクル量N(t)を計算機16へ取り込む。計算機16内ではこれら入力データを使って終了判定を行い、終了と判定したら制御部15へ終了信号を出す。

【0116】制御部15は終了信号が入ったらRF電源8へ指令を出して放電をオフし、プラズマクリーニング処理を終了する。

【0117】メモリ17には予め、実験して求めた各種の成膜条件でチャンバ1内に堆積する全不要付着物の除去量の予定値X0と、やはり実験で求めた各種のプラズマクリーニング条件での、クリーニング用のガス自身のプラズマ化による圧力のオフセット分P1と、圧力変化と不要付着物量の比例係数α、パーティクル量と不要付着物量の比例係数βをデータとして記憶させておき、計算機16が終了判定の計算をする際に適宜参照する。

【0118】計算機16は実際に行った成膜に対応する不要付着物除去量の予定値X0と、これから行うクリーニング条件に対応する圧力のオフセット分P1、比例係数α、βをメモリ17から取り出す。計算機16はプラズマクリーニング処理の進行中、各時刻tの圧力値P<sub>i</sub>=P(t)とパーティクル数N<sub>i</sub>=N(t)をメモリ17へ格納すると同時に、リアルタイムでプラズマクリーニング処理の開始時点からのP(t)とN(t)の積分値Σp=ΣP<sub>i</sub>(=P<sub>1</sub>+P<sub>2</sub>+…+P<sub>i</sub>)とΣn=ΣN<sub>i</sub>(=N<sub>1</sub>+N<sub>2</sub>+…+N<sub>i</sub>)を計算し、Σpから不要付着物のガス化した量の推定値X<sub>p</sub>=α·Σpを、Σnから不要付着物のパーティクルとなって排気された量の推定値X<sub>n</sub>=β·Σnを計算する。クリーニングで除去された全不要付着物の推定値Xは、X<sub>p</sub>とX<sub>n</sub>の和として計算できる。XとX0を比較してX=X0となつた時点でチャンバ1内の不要付着物が全て除去されたと判定し、プラズマクリーニング処理を終了する信号を制御部15へ送る。

【0119】計算機16による上記の処理手順を図10

に基づき今少し具体的に説明する。計算機16は、プラズマクリーニング処理が開始されると、まず、ステップS1でメモリ17から上記のP1、α、β、X0を読み出す。続いて、ステップS2でi=0とする初期化を行う。

【0120】次に、ステップS3でi=i+1にインクリメントする。続いて、ステップS4で、圧力計13及びパーティクルカウンタ14からのデータを取り込み、圧力値の補正を行う。続いて、ステップS5でプラズマクリーニング処理の開始時点からのデータの積算を行う。そして、ステップS6でデータ積算値を不要付着物の量に換算する。続いて、ステップS7で全不要付着物量を演算し、ステップS8でX≥X0を確認した時点で、プラズマクリーニング処理の終了時点であると判定し、この処理を終了する。

【0121】本実施形態4の手法は、圧力計13の代わりに、発光分析器19を使用する場合も、オフセット分P1が0になり、圧力値P(t)を特定波長の発光強度W(t)と読み替えれば、全く同様に使用することができる。

【0122】圧力計13の代わりに、発光分析器19を使用する場合については、図11のようになる。即ち、圧力P(t)のグラフが同図(a)に示す発光強度W(t)のグラフのようになり、オフセット分がなくなる点が異なるが、それ以外は同じでΣpと同様にΣWを求めるべき。

【0123】

【発明の効果】以上の本発明プラズマクリーニング装置によれば、プラズマクリーニング処理中の排気ガスに含まれるパーティクル量をパーティクル計数手段によりその場で計数し、パーティクルのカウント値が所定の値に収束した時点でプラズマクリーニング動作を停止させる構成をとるので、プラズマクリーニング処理の終了時点を正確に判定することができる。

【0124】また、特に請求項2記載のプラズマクリーニング装置によれば、チャンバ内の圧力を定期的に計測することにより、チャンバ内の圧力変化を検出する圧力変化検出手段を更に備え、プラズマクリーニング時のチャンバ内の圧力が一定となり、且つパーティクル計数手段の計測値が所定の値に収束すると、その時点でプラズマクリーニング動作を停止させる構成をとるので、プラズマクリーニング処理の終了時点をより一層正確に判定することができる。

【0125】また、特に請求項3記載のプラズマクリーニング装置によれば、発光スペクトル分析器を更に備え、プラズマクリーニング時に発光スペクトル分析器により発光スペクトル強度を計測し、発光スペクトル強度が所定の値に収束し、且つパーティクル計数手段の計測値が所定の値に収束すると、その時点でプラズマクリーニング動作を停止させる構成をとるので、プラズマクリ

ーニング処理の終了時点をより一層正確に判定することができる。

【0126】また、特に請求項4記載のプラズマクリーニング装置によれば、圧力変化検出手段により検出される圧力変化量の時間積分値及びパーティクル計数手段により計測されるパーティクル変化量の時間積分値を求め、更にこれらの時間積分値に所定の係数を乗ずる演算手段を備え、これらの時間積分値に所定の係数を乗じた値の合算値が所定の値になると、その時点でプラズマクリーニング動作を停止させる構成によれば、作業者の主観によらない客観的でより安定なプラズマクリーニング処理の終了時点の判定を正確に行える。

【0127】また、特に請求項5記載のプラズマクリーニング装置によれば、発光スペクトル分析器により検出される発光スペクトル強度の時間積分値及びパーティクル計数手段により計測されるパーティクル変化量の時間積分値を求め、更にこれらの時間積分値に所定の係数を乗ずる演算手段を備え、これらの時間積分値に所定の係数を乗じた値の合算値が所定の値になると、その時点でプラズマクリーニング動作を停止させる構成をとるの

で、作業者の主観によらない客観的でより安定なプラズマクリーニング処理の終了時点の判定を正確に行える。

【0128】また、特に請求項6記載のプラズマクリーニング装置によれば、排気系はチャンバの底面排気口から真下に真っ直ぐに伸ばした排気配管を有し、排気配管の途中であって、チャンバの底面から10~100mm離反した位置にパーティクル計数手段のセンサ部を取り付ける構成をとるので、パーティクルカウンタの測定感度を向上でき、且つ正確に動作させることが可能になる。

【0129】また、特に請求項7記載のプラズマクリーニング装置によれば、プラズマCVD装置の成膜時にパーティクル計数手段のセンサ部を50~200°Cに加熱する構成によれば、成膜時にパーティクルカウンタのセンサ部に不要付着物が付きにくくなり、その分、精度のよい測定が可能になる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明プラズマクリーニング装置の実施形態1をプラズマCVD装置と共に示す模式図。

【図2】実施形態1のプラズマクリーニング装置に装置されるパーティクルカウンタの出力の時間変化を示すグラフ。

【図3】本発明プラズマクリーニング装置の実施形態2

をプラズマCVD装置と共に示す模式図。

【図4】(a)は実施形態2のプラズマクリーニング装置に装置される圧力計の出力の時間変化を示すグラフ、(b)はパーティクルカウンタの出力の時間変化を示すグラフ。

【図5】本発明プラズマクリーニング装置の実施形態3をプラズマCVD装置と共に示す模式図。

【図6】実施形態3のプラズマクリーニング装置に装置される発光分析器で観測したプラズマクリーニング中の発光スペクトルを示すグラフ。

【図7】実施形態3のプラズマクリーニング装置に装置される発光分析器で観測した特定波長の発光強度の時間変化を示すグラフ。

【図8】本発明プラズマクリーニング装置の実施形態4をプラズマCVD装置と共に示す模式図。

【図9】(a)は実施形態4のプラズマクリーニング装置に装置される圧力計の出力の時間変化を圧力変化の積分値 $\Sigma p$ と共に示すグラフ、(b)はパーティクルカウンタの出力の時間変化をパーティクル量の積分値 $\Sigma n$ と共に示すグラフ。

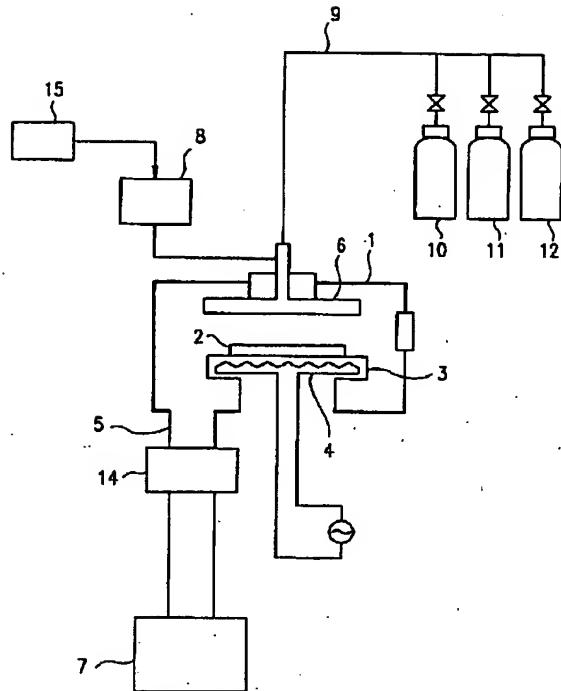
【図10】プラズマクリーニング処理の終了時点を判定する計算機の処理手順を示すフローチャート。

【図11】(a)は発光強度の時間変化を発光強度の積分値 $\Sigma W$ と共に示すグラフ、(b)はパーティクルカウンタの出力の時間変化をパーティクル量の積分値 $\Sigma n$ と共に示すグラフ。

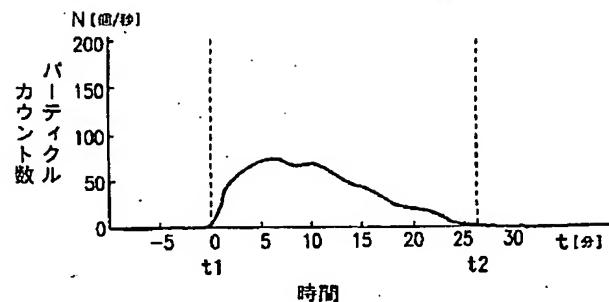
#### 【符号の説明】

1	チャンバ
2	試料ウエハ
3	サセブタ
4	ヒータ
5	排気配管
6	シャワー電極
7	真空ポンプ
8	R F 電源
9	供給配管
10, 11, 12	ボンベ
13	圧力計
14	パーティクルカウンタ
15	制御部
16	計算機
17	メモリ
19	発光分析器

【図1】

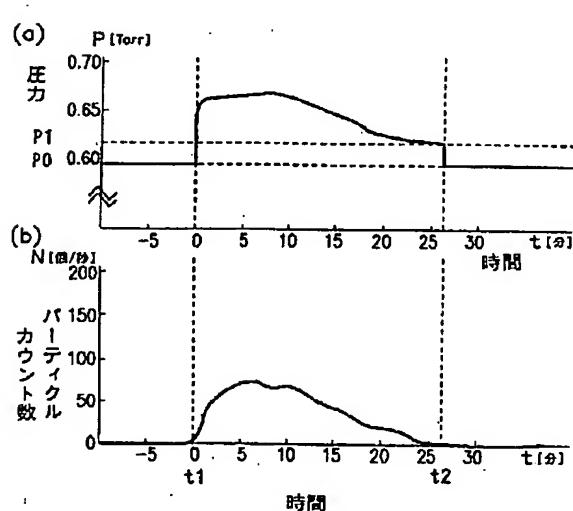
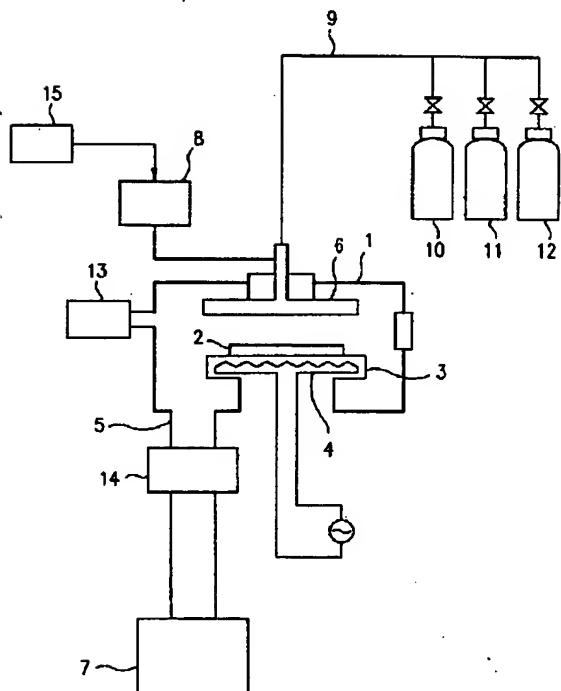


【図2】



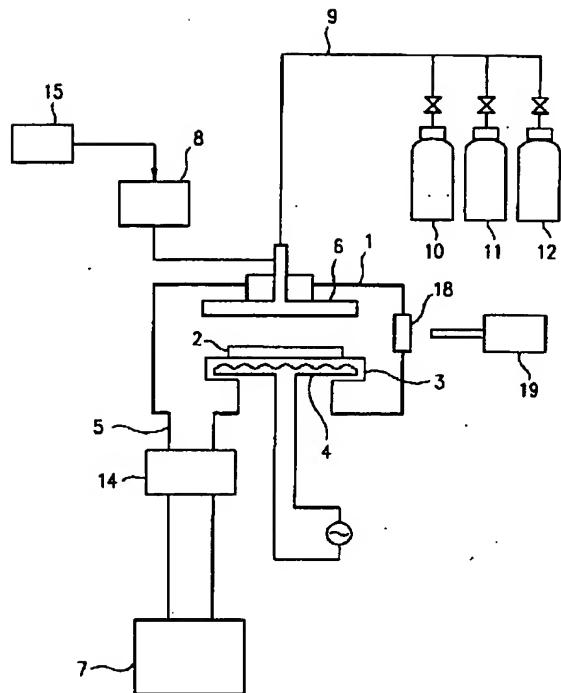
成膜時条件		クリーニング条件	
基板温度	400°C	基板温度	400°C
RFパワー	500W	RFパワー	400W
ガス圧力	4Torr	ガス圧力	0.6Torr
ガス種	SiH <sub>4</sub> 70sccm NH <sub>3</sub> 25sccm N <sub>2</sub> 1000sccm	ガス種	C <sub>2</sub> F <sub>6</sub> 100sccm O <sub>2</sub> 100sccm
放電時間	12.5分	放電時間	26分

【図3】

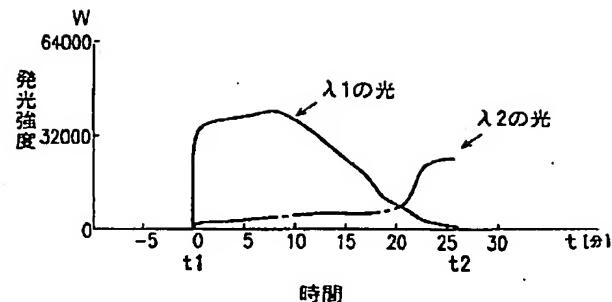


成膜時条件		クリーニング条件	
基板温度	400°C	基板温度	400°C
RFパワー	500W	RFパワー	400W
ガス圧力	4Torr	ガス圧力	0.6Torr
ガス種	SiH <sub>4</sub> 70sccm NH <sub>3</sub> 25sccm N <sub>2</sub> 1000sccm	ガス種	C <sub>2</sub> F <sub>6</sub> 100sccm O <sub>2</sub> 100sccm
放電時間	12.5分	放電時間	26分

【図5】

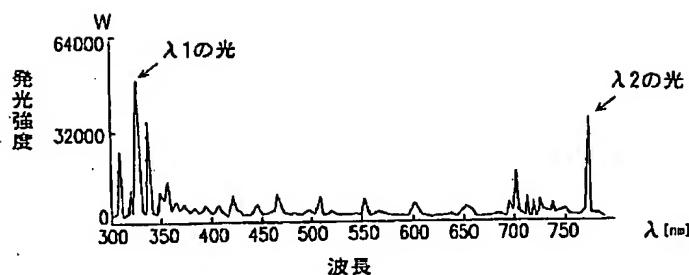


【図7】

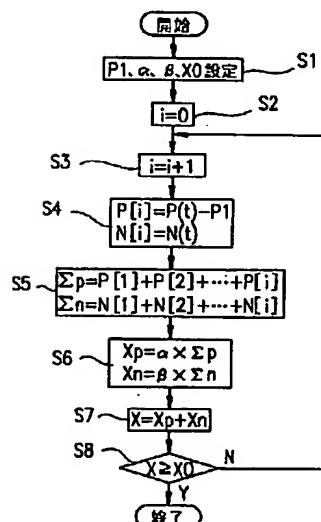


成膜時条件	クリーニング条件
基板温度 400°C	基板温度 400°C
RFパワー 500W	RFパワー 400W
ガス圧力 4Torr	ガス圧力 0.6Torr
ガス種 SiH <sub>4</sub> 70sccm	ガス種 C <sub>2</sub> F <sub>6</sub> 100sccm
NH <sub>3</sub> 25sccm	O <sub>2</sub> 100sccm
N <sub>2</sub> 1000sccm	
放電時間 12.5分	放電時間 26分

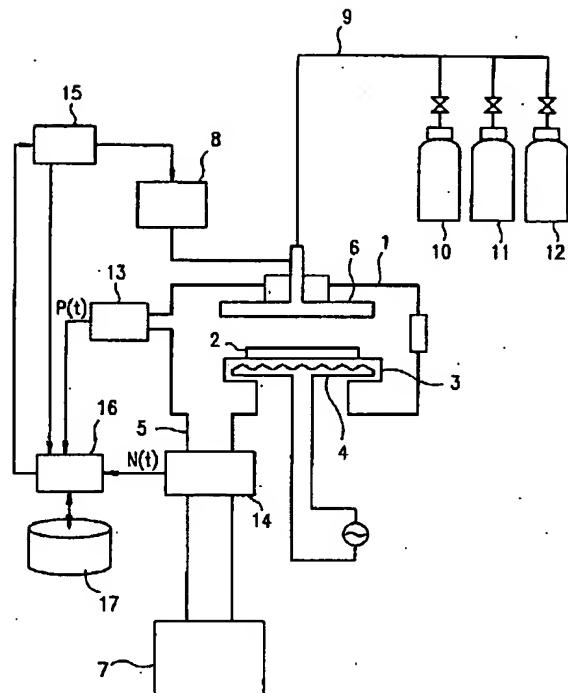
【図6】



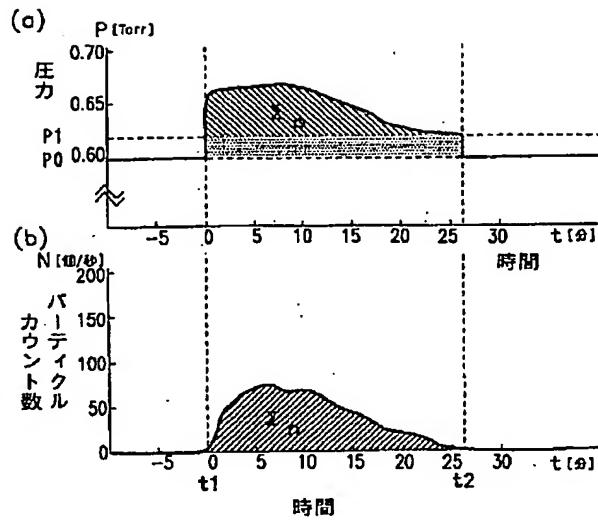
【図10】



【図8】

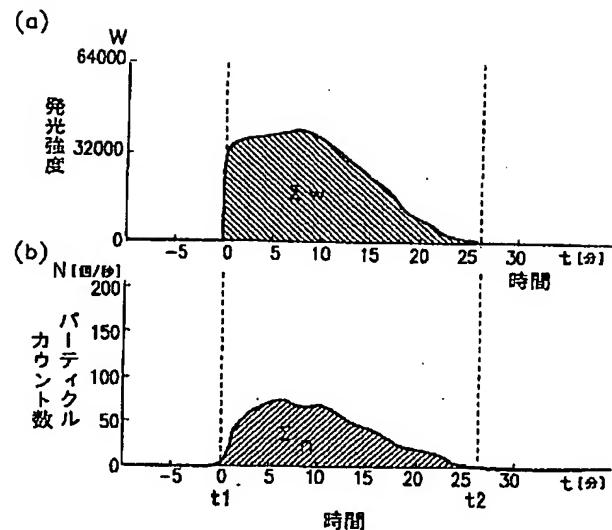


【図9】



成膜時条件		クリーニング条件	
基板温度	400°C	基板温度	400°C
RFパワー	500W	RFパワー	400W
ガス圧力	4Torr	ガス圧力	0.6Torr
ガス種	SiH <sub>4</sub> 70sccm NH <sub>3</sub> 25sccm N <sub>2</sub> 1000sccm	ガス種	C <sub>2</sub> F <sub>6</sub> 100sccm O <sub>2</sub> 100sccm
放電時間	12.5分	放電時間	26分

【図11】



成膜時条件		クリーニング条件	
基板温度	400°C	基板温度	400°C
RFパワー	500W	RFパワー	400W
ガス圧力	4Torr	ガス圧力	0.6Torr
ガス種	SiH <sub>4</sub> 70sccm NH <sub>3</sub> 25sccm N <sub>2</sub> 1000sccm	ガス種	C <sub>2</sub> Fe 100sccm O <sub>2</sub> 100sccm
放電時間	12.5分	放電時間	26分